

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09018053 A**

(43) Date of publication of application: **17 . 01 . 97**

(51) Int. Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21) Application number: **07161098**

(22) Date of filing: **27 . 06 . 95**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:
UCHIDA KENJI
WATANABE AKISADA
TANAKA TOSHIAKI
MINAGAWA SHIGEKAZU

(54) **NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR
LIGHT-EMITTING ELEMENT AND MANUFACTURE
THEREOF**

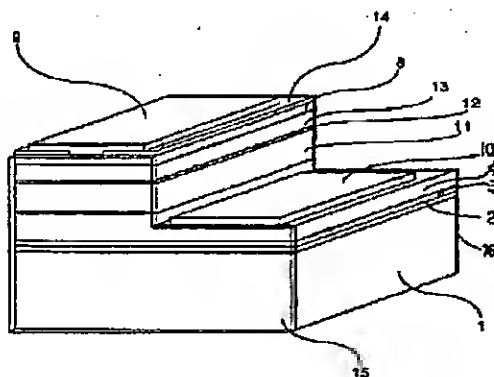
emission characteristics or a semiconductor laser element is realized.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To realize a light-emitting diode having good light emission characteristics or a light-emitting element comprising a semiconductor laser element by a method wherein a nitride compound semiconductor layer, which is superior in interfacial flatness and surface morphology, is formed on a sapphire substrate.

CONSTITUTION: When a nitride compound semiconductor layer is crystal grown on a sapphire substrate 1, an amorphous nitride layer 2 is previously formed on the surface layer part of the substrate 1 and after that, a GaN buffer layer 3 is grown at a low temperature and the nitride compound semiconductor layer necessary for the constitution of an element is grown at a high temperature. This layer 2 can be formed by exposing the substrate 1, for example, to an NH_3 gas atmosphere of 1000°C . The film of the layer 2 is 10nm thick or thinner, desirably 7-8nm thick. Thereby, a nitride compound semiconductor light-emitting element, which has a flat surface and has a good crystallizability, can be formed and a light-emitting diode having good light



6

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-18053

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月17日

(51) IntCl.⁸

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-161098

(22) 出願日 平成7年(1995) 6月27日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 内田 憲治

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 渡辺 明禎

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 田中 俊明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 薄田 利幸

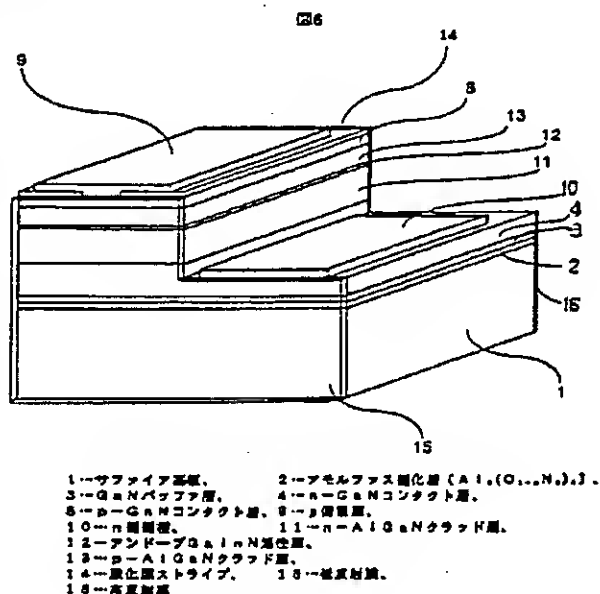
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 サファイア基板上に、界面平坦性および表面モフォロジーが優れた窒化物系化合物半導体層を形成して発光特性が良好な発光ダイオードもしくは半導体レーザ素子から成る発光素子を実現する。

【構成】 サファイア基板1上に窒化物系化合物半導体層を結晶成長するに際し、予めサファイア基板表層部にアモルファス窒化層2を形成してから、低温にてGa Nバッファ層3を成長し高温にて素子構成に必要な窒化物系化合物半導体層を成長する。このアモルファス窒化層2は、例えば基板1を1000℃のNH₃ガス雰囲気に晒すことによって形成することができる。アモルファス窒化層2の膜厚は、10 nm以下、好ましくは1~8 nmとする。これによって、表面が平坦で結晶性の良好な窒化物系化合物半導体が形成でき、発光特性の良好な発光ダイオードもしくは半導体レーザ素子を実現する。



- 1--サファイア基板、 2--アモルファス窒化層 (Al₂(O...N)₃)、
 3--Ga Nバッファ層、 4--n-Ga Nコンタクト層、
 5--p-Ga Nコンタクト層、 6--p-Ga Nコンタクト層、
 7--n-Ga Nコンタクト層、 8--p-Ga Nコンタクト層、
 9--p-Ga Nコンタクト層、 10--n-Ga Nコンタクト層、
 11--n-Ga Nコンタクト層、 12--p-Ga Nコンタクト層、
 13--p-Ga Nコンタクト層、 14--p-Ga Nコンタクト層、
 15--高反射膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板上に、Ga_xN_{1-x}系バッファ層を介して窒化物系化合物半導体層を設けた構造の窒化物系化合物半導体発光素子であって、前記サファイア基板表層部に基板のアモルファス窒化層を形成し、前記アモルファス窒化層上に前記Ga_xN_{1-x}系バッファ層を形成して成る窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】上記基板表層部のアモルファス窒化層の厚さを10nm以下として成る請求項1記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】上記基板表層部のアモルファス窒化層を、Al_{1-x}(O_{1-x}N_x)₂（但し、0<x≤1）を含む窒化層で構成して成る請求項1もしくは2記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】上記窒化物系化合物半導体層を、少なくとも(A_{1-x}Ga_x)₂、In_{1-x}N（但し、0≤x≤1、0≤y≤1）から構成される窒化物系化合物半導体層として成る請求項1乃至3いずれか一つに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】上記窒化物系化合物半導体発光素子を発光ダイオードとして成る請求項1乃至4いずれか一つに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項6】上記窒化物系化合物半導体発光素子を半導体レーザとして成る請求項1乃至4いずれか一つに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項7】サファイア基板上に、気相成長によりGa_xN_{1-x}系バッファ層と、窒化物系化合物半導体層とを順次結晶成長する工程を含む窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法において、前記Ga_xN_{1-x}系バッファ層を形成する工程の前処理工程として、サファイア基板表面を少なくとも800℃の加熱下で窒素ガスもしくは窒素を含むガス雰囲気中に曝し、サファイア基板の表層を窒化してアモルファス窒化層を形成する工程を有して成る窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】上記サファイア基板の表層を窒化してアモルファス窒化層を形成する工程を、処理温度と処理時間とを制御してAl_{1-x}(O_{1-x}N_x)₂（但し、0<x≤1）を含むアモルファス窒化層を形成する工程として成る請求項7記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】上記気相成長によりGa_xN_{1-x}系バッファ層上に窒化物系化合物半導体層を結晶成長する工程においては、(A_{1-x}Ga_x)₂、In_{1-x}N（但し、0≤x≤1、0≤y≤1）から構成される窒化物系化合物半導体層を形成する工程を有して成る請求項7記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項10】サファイア基板の表層を窒化してアモルファス窒化層を形成する工程およびGa_xN_{1-x}系バッファ層の形成に引き続く上記窒化物系化合物半導体層の結晶成長工程が、発光ダイオードの形成工程を含む請求項7乃至9いずれか一つに記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

子の製造方法。

【請求項11】サファイア基板の表層を窒化してアモルファス窒化層を形成する工程およびGa_xN_{1-x}系バッファ層の形成に引き続く上記窒化物系化合物半導体層の結晶成長工程が、半導体レーザの形成工程を含む請求項7乃至9いずれか一つに記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【産業上の利用分野】本発明は、窒化物系化合物半導体層による発光素子構造をサファイア基板上に実現する窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に係り、特に、紫外領域の発光、発振が可能な窒化物系化合物半導体から成る発光ダイオードおよび半導体レーザ素子に好適な窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えばIII-V族の窒化物系化合物半導体は、直接遷移型の大きなバンドギャップエネルギーを有することから短波長発光素子材料として期待されている。しかし、この化合物半導体はウルツ型の結晶構造であるために格子整合する良好な基板がない。このために、窒化物系化合物半導体の結晶成長は同様な結晶構造を有するサファイアを基板結晶として古くから検討されてきた。

【0003】しかしながら、窒化物系化合物半導体とサファイア基板との格子定数は大きく異なり、(0001)面基板を用いた場合には、その面内方向で約+16%もの格子不整合が存在する。このために、平坦な表面モフォロジーの半導体層を得ることが困難であった。さらに、この大きな格子不整合により生成される構成元素の空孔のために高濃度なp型半導体層を得ることも非常に困難であった。

【0004】これに対し、例えばH. AmanoらによってAppl. Phys. Lett., Vol. 28 (1986) 353ページに報告されたように、サファイア基板上に低温でAlNバッファ層を成長後、高温で窒化物系化合物半導体を成長する2段階成長法により比較的平坦な半導体層が得られるようになった。

【0005】

40 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術に述べた2段階成長法によって得られた窒化物系化合物半導体により発光ダイオードは実現されたものの、この材料による半導体レーザは未だ達成されていない。これは、2段階成長法によって得られた窒化物系化合物半導体層の平坦性が従来に比べ向上したが、半導体レーザへの適用を考えた場合その結晶性は十分なものでなかった。

【0006】具体的には、半導体レーザの活性層等となる非常に薄い半導体層で、界面平坦性を改善し、面内でのラフネスを最低減にする必要がある。また、厚膜な窒

3

化物半導体層においても、その表面には高密度な六角状の成長丘がみられ、半導体層の表面モフォロジーも十分でなかった。また、窒化物系化合物半導体層を成長するサファイア基板は非常に固く、それをエッチングする良好なエッチング液がない。

【0007】このために、結晶成長前に基板の研磨キズ等による内部応力が蓄積されたその表面を取り除くことが難しく、また、その表面には自然酸化膜が形成されているために、低温AlNバッファ層成長時の供給原料である窒素種やアルミニウム種の基板表面への吸着および拡散等が低下する結果、六角状の成長丘が存在する表面モフォロジーしか得られなかった。

【0008】したがって、本発明の目的は上記従来の2段階成長法の問題点を解消すると共に、新規な結晶成長構造による窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供することにある。すなわち、具体的には窒化物系化合物半導体層を成長する場合に、サファイア基板の表層部を窒化してアモルファス窒化層を形成することで、サファイア基板表面の影響を受けることなく在来の2段階成長法よりも界面平坦性および表面モフォロジーが優れ半導体レーザへの適用が十分な半導体層を得ることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために以下の手段をとる。第1にサファイア基板表面上にアモルファス窒化層を形成後、低温にてGaN系バッファ層を成長し、高温にて例えばIII-V族の窒化物系化合物半導体層を成長して、サファイア基板上にアモルファス窒化層、GaN系バッファ層および窒化物系化合物半導体層を順次形成した発光素子構造とする。

【0010】第2に上記に述べたサファイア基板表面上に形成されるアモルファス窒化層の厚さを10nm以下とする。そして好ましくは1~8nmとする。

【0011】第3に基板上に形成するアモルファス窒化層を $Al_x(O_{1-x}N_x)$ （但し、 $0 < x \leq 1$ ）を含む窒化層とする。

【0012】第4にこのようなアモルファス窒化層を形成したサファイア基板上に少なくとも (Al_xGa_{1-x}) 、 $In_{1-y}N$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）から構成される窒化物系化合物半導体層を成長することにより発光素子構造を作製する。

【0013】そして、第5に基板上に順次形成される窒化物系化合物半導体層の構造を発光ダイオードまたは半導体レーザ用の多層構造とし、その方法により作製される発光素子を発光ダイオードまたは半導体レーザとする。

【0014】

【作用】以下、本発明の特徴となるサファイア基板上にアモルファス窒化層を形成後、GaN系バッファ層および窒化物系化合物半導体層を成長した場合の作用につ

4

て説明する。先にも述べたように従来技術である2段階成長法によりサファイア基板上に低温でAlNバッファ層を成長後、高温で窒化物系化合物半導体層を成長しても半導体レーザとして十分に適用可能な界面平坦性および表面モフォロジーを得ることができなかった。

【0015】これに対し、本発明の特徴となる低温GaN系バッファ層を成長する前にサファイア基板を窒素種を含むガス、例えば窒素ガス、 NH_3 ガス、モノメチルヒドラジン、ジメチルヒドラジン等のガス中にさらすことにより、基板表層部に $Al_x(O_{1-x}N_x)$ （但し、 $0 < x \leq 1$ ）を含むアモルファス窒化層を形成し、その後、低温でGaNバッファ層を成長し、高温で窒化物系化合物半導体層を成長することにより、六角状の成長丘がほとんどみられない表面モフォロジーが良好な半導体層を得ることができた。

【0016】これは、窒化物系化合物半導体層を成長する前にサファイア基板表層部を窒化し、アモルファス窒化層を形成することで、基板表面の自然酸化膜および内部応力等の影響を受けることなく低温GaN系バッファ層成長時の供給原料である窒素種やガリウム種の窒化層への吸着および窒化層上での拡散等を促進する効果があるためである。

【0017】すなわち、サファイア基板表層部のアモルファス窒化層が、その後の結晶成長に好ましい作用効果をおよぼす理由についてさらに詳述すると、アモルファス化された基板表層部には窒素原子が存在するので、それが有機金属気相成長法によるGaN系バッファ層および窒化物系化合物半導体の結晶成長に際して、気相成長雰囲気からの窒素が基板表層で吸着され易く、かつ、基板表面での窒素のマイグレーション（拡散）が促進され、それが結晶成長の平坦化と結晶性に良好な結果をもたらすものと考察する。

【0018】次に、サファイア基板の表層部に形成されるアモルファス窒化層の厚さと表面特性との関係について詳細に検討したのでその結果について説明する。アモルファス窒化層の膜厚は、基板表面の平坦化に大きく影響することがわかり、前述したように10nm以下とすることが望ましく、好ましくは1~8nmとすることであり、この膜厚の作用について説明する。

【0019】なお、測定試料の作製においては、周知の有機金属気相成長装置を用い、サファイア基板を1000℃に保持した状態で一定時間水素ガスを流した後、ガス雰囲気 NH_3 に切換えてサファイア基板を所定時間 NH_3 ガス雰囲気にさらすことによって基板表面にアモルファス窒化層を形成した。このようにして得られた試料について、光電子分光法による表面分析および原子間力顕微鏡による表面観察を行なった。

【0020】図1は、光電子分光法により分析したサファイア基板表面からの N_{1s} スペクトル強度の窒化時間依存性を示した特性曲線図である。横軸は窒化時間、縦軸

は N_{1s} スペクトルの積分強度である。図に示すように窒化時間の増加と共にスペクトル強度の増大がみられた。この増大は、サファイア基板の構成原子である基板表面の酸素原子(O)に入れ変わって窒素原子(N)が入り込み、基板のアルミ原子(Al)と結合し $Al_2(O_{1-x}N_x)_3$ (但し、 $0 < x \leq 1$) 層を形成しているためと考えられる。しかし、そのスペクトル強度は、窒化時間 t_1 (3分) 近くで飽和し始め時間 t_2 (5分) までほぼ一定であった。その後、その強度は窒化時間 t_2 から t_3 (20分) の範囲で再び増加した。以上、光電子分光法による表面分析の結果、 N_{1s} スペクトルの積分強度は窒化時間 t_1 から t_2 の範囲で一定となることがわかった。

【0021】次に、これら表層部を窒化したサファイア基板について原子間力顕微鏡による表面観察を行なった。図2は、原子間力顕微鏡により観察された基板表面の模式的な断面図を示したものである。スペクトル強度が増大し飽和し始めた窒化時間 t_1 の試料では、図2(a)に示すように窒化層2が基板1表面に平坦に形成されていることがわかった。

【0022】これに対し、強度が飽和した窒化時間 t_2 の試料では、図2(b)に示すように、幾つかの針状の結晶核17の成長が窒化層2上に見られた。そして、再び強度が増大し始めた窒化時間 t_3 の試料では、図2(c)に示すようにその針状の結晶核17がさらに成長し、その密度も増大していることがわかった。この結果から、はじめに基板表面には時間とともに窒化層2が平坦に形成され、その後、窒化時間が長くなると共に窒化層表面に針状の結晶核17が成長し始め、その後、窒化層表面の平坦性が著しく悪くなることがわかった。

【0023】この結晶核17の成長は、サファイア基板1と窒化層2である AlN 層との間に存在する大きな圧縮歪みによるものと考えられる。以上の結果から、光電子分光法による表面分析の結果みられた N_{1s} スペクトル強度の飽和は、サファイア基板表面に窒化層が均一に形成された状態を意味し、また、その後再びみられた強度の増大は窒化層上に多数の針状の結晶核が成長したためである。

【0024】この結果から、窒化層の厚さには、最適値があることがわかった。これらの試料について行った透過電子顕微鏡による窒化層の観察の結果、窒化層が平坦に形成された窒化時間 t_1 の試料でその膜厚は約1nmであった。また、結晶核17が成長し始める窒化時間 t_2 の試料では、その膜厚は約10nmであった。

【0025】以上述べたように窒化層表面の分析、観察および膜厚測定の結果、平坦に形成される窒化層を得るにはその厚さを窒化層が形成しはじめる1nm以上10nm以下、好ましくは1~8nmにすることである。なお、このようにして得られたサファイア基板表層部の窒化層について構造解析したところ、アモルファスであることが確認された。

【0026】この結果から、基板の表面改質処理としてアモルファス窒化層を形成したサファイア基板上には、周知の有機金属気相成長法により良質の窒化物系化合物半導体層が形成できる。例えば、 $(Al_xGa_{1-x})_2In_{1-y}N$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) の多層構造を順次成長させることにより、紫外領域の発光、発振が可能な発光ダイオードまたは半導体レーザの発光素子を実現できる。

【0027】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に示したがつて説明する。

〈実施例1〉図3、図4を用いて発光ダイオードの構造とその製造方法の一例を説明する。図3は、サファイア基板1上に成長した窒化物系化合物半導体層による発光ダイオード用ダブルヘテロ構造の断面図を、図4はこのダブルヘテロ構造を用いて発光ダイオード素子構造を実現した断面図を、それぞれ示したものである。

【0028】図3に示したダブルヘテロ構造の結晶成長について説明すると、まず、サファイア基板1の(0001)面を1000℃の NH_3 ガスに4分間さらすことにより、基板表面に厚さ8nmのアモルファス $Al_2(O_{1-x}N_x)_3$ (但し、この例では $x=0.5$) 層2を形成した。このときのアモルファス窒化層2の形成は、 N 種を含む NH_3 等のガスまたは N を含む有機化合物からなるガスのどちらでもよい。また、基板表層の酸素の一部を窒素で置換する量($0 < x \leq 1$)は、処理温度と処理時間と制御することによりある程度任意に設定することができる。

【0029】この基板表層部の窒化処理の後、周知の有機金属気相成長法により500℃にてGa N バッファ層3 (厚さ15nm)を成長する。次いで、1000℃にて n -Ga N コンタクト層4 (厚さ2 μm 、 $n=2 \times 10^{18} cm^{-3}$)、 n -Ga N クラッド層5 (厚さ2 μm 、 $n=1 \times 10^{18} cm^{-3}$)、 Zn ドープしたGa $_{0.5}In_{0.5}N$ 活性層6 (厚さ0.1 μm 、 $p=1 \times 10^{18} cm^{-3}$)、 p -Ga N クラッド層7 (厚さ2 μm 、 $n=1 \times 10^{18} cm^{-3}$) および p -Ga N コンタクト層8 (厚さ1 μm 、 $n=3 \times 10^{18} cm^{-3}$)を、順次結晶成長した。このような結晶成長は、有機金属気相成長法の代わりに分子線ビームエビタキシー法で行なってもよい。

【0030】次に、酸化膜形成およびホトリソグラフィ工程後のエッチング工程と云った周知の素子形成工程にしたがつて、図4に示すような段差を n -Ga N コンタクト層4まで形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIE、イオンミリング等、方法を問わない。このエッチングは表面から n -Ga N クラッド層5まで完全に除去し、 n -Ga N コンタクト層4の途中で止まるようにする。その後、再び酸化膜およびホトリソグラフィ技術を用いて電子ビーム蒸着法およびリフトオフにて p 側電極(Ni/Au)9、 n 側電極($Ti/$

A1) 10を形成する。

【0031】このようにして、図4に示すような断面構造の発光ダイオード素子を得た。この試作した発光ダイオード素子に約20mAの電流注入を行ったところ、波長450nmにピークを持つ強い自然放光の発光スペクトルを観測した。

【0032】なお、比較例として基板表層に図3のアモルファス窒化層2を形成せずに、直接Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層3を形成したものと、アモルファス窒化層2を15nmの厚さとしたものとを、それぞれ作成して上記実施例と同様の発光ダイオード素子を製造して特性比較を行なった。その結果、いずれの比較例も、自然放光が非常に弱く、本実施例より著しく劣るものであった。

【0033】〈実施例2〉図5、図6を用いて半導体レーザ素子の構造とその製造方法の一例を説明する。すなわち、図5は、サファイア基板上に成長した窒化物系化合物半導体層による半導体レーザ用ダブルヘテロ構造の断面図を、図6はこのダブルヘテロ構造を用いて半導体レーザ構造を実現した斜視図を、それぞれ示したものである。図5に示すように、実施例1と同様の方法でサファイア基板1の表層部を窒化し、厚さ8nmの窒化層2を形成した。

【0034】その後、周知の有機金属気相成長法により、Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層3（厚さ15nm）を成長し、n-GaNコンタクト層4（厚さ2μm、 $n=2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層11（厚さ2μm、 $n=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、アンドープGaInN活性層12（厚さ60nm）、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層13（厚さ1μm、 $n=7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）およびp-GaNコンタクト層8（厚さ1μm、 $n=3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を順次結晶成長した。

【0035】次に、図6に示すように、実施例1と同様のエッチング工程によって段差をn-GaNコンタクト層4まで形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIIBE、イオンミリング等、方法を問わない。その後、周知の酸化膜形成工程およびホトリソグラフィ技術を用いて電子ビーム蒸着法およびリフトオフにてp側電極（Ni/Au）9、n側電極（Ti/Al）10を形成した。但し、このp側電極9は、酸化膜ストライプ14上に形成されており電流狭窄構造になっている。その後、サファイア基板1を厚さ約100μmまで研磨し、へき開により、共振器長1mmの利得導波型構造のレーザ素子とした。

【0036】この後、素子の前面にλ/4（λ：発振波長）の厚みの低反射膜15を、素子の後面に高反射膜16を、それぞれ形成した。このような利得導波路型構造の半導体レーザ素子に電流注入を行ったところ、約20mAで波長400nmにピークをもつ強い自然放光がみられた。そして、さらに電流注入量を増した約80mAではスペクトル幅が狭い誘導放光がみられはじめ、

約90mAで波長395nmのレーザ発振を確認した。

【0037】なお、比較例として基板表層に図5のアモルファス窒化層2を形成せずに、直接Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層3を形成したものと、アモルファス窒化層2を15nmの厚さとしたものとを、それぞれ作成して上記実施例と同様の半導体レーザ素子を製造して特性比較を行なった。その結果、基板表層部にアモルファス窒化層2を形成せずに、直接Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層3を形成したものは発振せず、また、アモルファス窒化層2を15nmの厚さとしたものにおいてもレーザ発振はみられず本実施例より著しく劣るものであった。

【0038】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明により所期の目的を達成することができた。すなわち、窒化物系化合物半導体層を成長する場合に、サファイア基板表面のエッチングをしなくても、基板表層部を窒化してアモルファス窒化層を形成することで基板表面の自然酸化膜や内部応力等の影響を受けることなく、低温Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層成長時の供給原料である元素種やガリウム種の窒化層への吸着および窒化層上での拡散等を促進し、在来の2段階成長法よりも界面平坦性および表面モフォロジーが優れ、半導体レーザへの適用が十分な半導体層を得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】光電子分光法により分析したサファイア基板表面からのN_{1s}スペクトル強度の窒化時間依存性を示した特性曲線図。

【図2】原子間力顕微鏡により観察された基板表面の断面図を模式的に示した説明図。

【図3】本発明の一実施例となる発光ダイオード用ダブルヘテロ構造を示した断面図。

【図4】同じく発光ダイオード素子の断面構造図。

【図5】本発明の他の一実施例となる半導体レーザ用ダブルヘテロ構造を示した断面図。

【図6】同じく半導体レーザ素子の斜視図。

【符号の説明】

- 1…サファイア基板、
- 2…アモルファス窒化層〔Al_{0.1}(O_{1.1}N_{0.9})₂〕、
- 3…Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層、
- 4…n-GaNコンタクト層、
- 5…n-GaNクラッド層、
- 6…ZnドープGaInN活性層、
- 7…p-GaNクラッド層、
- 8…p-GaNコンタクト層、
- 9…p側電極、
- 10…n側電極、
- 11…n-AlGa_{0.9}Nクラッド層、
- 12…アンドープGaInN活性層、
- 13…p-AlGa_{0.9}Nクラッド層、
- 14…酸化膜ストライプ、

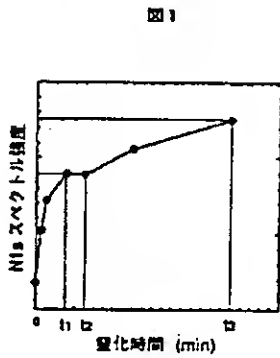
(6)

特開平9-18053

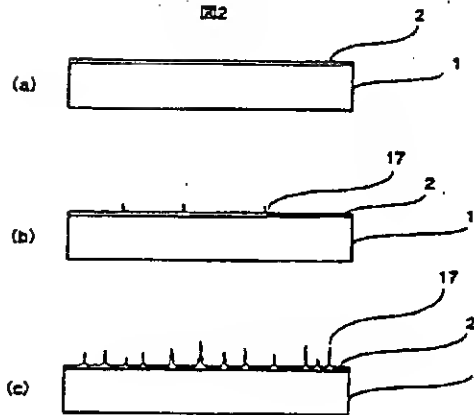
15...低反射膜、
16...高反射膜、

17...針状結晶核(窒化層)。

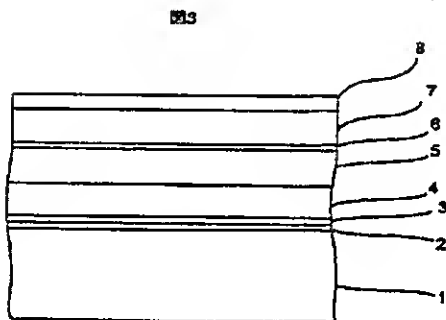
【図1】



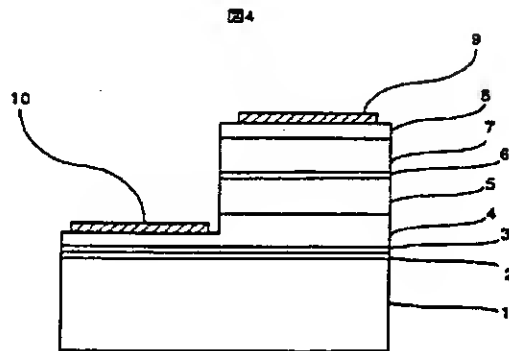
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

